

02 15 10

32

51

Int. Cl.:

C 02 b

B 01 d

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

85 b, 4

12 a, 5

10

11

21

22

43

Offenlegungsschrift 1916 337

Aktenzeichen: P 19 16 337.2.

Anmeldetag: 29. März 1969Offenlegungstag: 1. Oktober 1970

Ausstellungspriorität: —

34

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung:

Einrichtung zur Gewinnung von Süßwasser aus Meer- oder Brackwasser

61

Zusatz zu:

1 792 313

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

Vertreter: —

72

Als Erfinder benannt:

Ruthrof, Klaus, 8520 Erlangen

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —
Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 1916 337

1916337

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Erlangen, d n 28. MRZ. 1969
Werner-von-Siemens-Str. 50

Unser Zeichen:
PLA 69/1121 Ms/Hel

Einrichtung zur Gewinnung von Süßwasser aus Meer- oder Brackwasser

Zusatz zu Patent (Patentanmeldung P 17 92 313.6 =
PLA 68/1506).

Im Hauptpatent ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Gewinnung von Süßwasser aus Meer- oder Brackwasser geschützt, bei der das Meer- oder Brackwasser aufgewärmt und in ein derartiges Fliehkraftfeld geführt wird, daß durch den in nachgeschalteten Kondensator entstehenden Unterdruck eine Verdampfung an der Innenoberfläche des sich ausbildenden Wasserringes erfolgt.

Dabei besteht die Einrichtung zur Gewinnung des Süßwassers aus einer feststehenden rotationssymmetrischen Kammer, in die das Meerwasser tangential eingeleitet wird. An der Innenoberfläche des sich dabei in der Kammer ausbildenden Wasserringes verdampft das Meerwasser.

Diese Einrichtung erfordert jedoch einen relativ hohen Energieaufwand, wobei die Anlage nur kontinuierlich zu betreiben ist. Im Gegensatz dazu liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Süßwassergewinnungseinrichtung zu schaffen, bei der der Energieaufwand geringer ist und die außerdem einen kontinuierlichen als auch einen diskontinuierlichen Betrieb erlaubt.

Die Einrichtung nach der Erfindung besteht dabei aus einer äußeren, feststehenden Kammer und einer inneren, rotierend angetriebenen und rotationssymmetrisch ausgebildeten Kammer mit einer axialen Zuführung in der einen Stirnseite für das Roh-

Wasser und einer axialen Abführung in der gegenüberliegenden Stirnseite für das entstandene dampfförmige Medium sowie Auslaßöffnungen im Mantel der inneren Kammer für das mit Rückständen angereicherte Wasser, das aus dem Zwischenraum zwischen den beiden Kammern über eine Abzugsleitung abführbar ist.

Ferner kann zur Zuführung des Rohwassers ein in die innere Kammer ragendes Tauchrohr vorgesehen sein, dessen in die Kammer hineinragendes Ende mit einer kreisförmigen Leitplatte von größerem Durchmesser als dem des Tauchrohres abgeschlossen ist und bei dem das Tauchrohr seitliche Auslaßöffnungen im Bereich der Innenkammer zum Auslaß des Rohwassers aufweist.

Das in einem Wärmetauscher oder einer gesonderten Heizanlage vorgewärmte Meerwasser wird also über das Tauchrohr in die innere rotierende Kammer eingeleitet und durch die Fliehkraft an die Innenwandung des Kammermantels gedrückt. Durch den im nachgeschalteten Kondensator entstehenden Unterdruck erfolgt eine Verdampfung des Rohwassers an der Innenoberfläche des sich ausbildenden Wasserringes. Dabei ist bei entsprechendem Kondensatorunterdruck eine Verdampfung auch bei Temperaturen unter 100°C möglich.

Bei der senkrecht dargestellten Anordnung der Süßwassergewinnungseinrichtung ist die innere Kammer als oben offener Behälter mit einer derartigen Länge ausgebildet, daß sich zwischen Oberkante des Behälters und Deckel der äußeren Kammer ein Spalt zum Ausschleudern des Restwassers in die äußere Kammer ergibt. Außerdem können zusätzlich Auslaßöffnungen an der rotierenden Zylinderfläche zum weiteren Ausschleudern angebracht werden.

Um zu vermeiden, daß sich in der inneren Kammer Wasserschichten mit unterschiedlicher Rotationsgeschwindigkeit ausbilden, ist

BAD ORIGINAL

es vorteilhaft, wenn die Innenwandung des inneren Kammernmantels mit achsparallelen Profilen versehen ist.

Anhand einer schematischen Zeichnung sind Ausführungsbeispiele nach der Erfindung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine waagrecht angeordnete Fliehkraftkammer,

Fig. 2 das Prinzipschaltbild einer Gesamtanlage zur Süßwassergewinnung und

Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine senkrecht angeordnete Fliehkraftkammer.

Nach Fig. 1 besteht die Süßwassergewinnungseinrichtung aus einer äußeren, feststehenden Kammer 1, in der eine rotationsymmetrisch ausgebildete Verdampfungskammer 2 angeordnet ist, die über einen nicht näher dargestellten Antrieb in Rotation versetzt wird. Das erwärmte Rohwasser wird dabei über die Leitung 3 zunächst in das mit der inneren Kammer 2 fest verbundene und rotierende Tauchrohr 4 geleitet. Am inneren Ende des Tauchrohres 4 ist eine Leitplatte 5 angeordnet, die das Tauchrohr verschließt und die einen größeren Durchmesser als den des Tauchrohres aufweist, so daß sie bis in den sich ergebenden Flüssigkeitsring 8 reicht. Das Rohwasser wird über Öffnungen 6 im Tauchrohr 4 innerhalb der Fliehkraftkammer 2 ausgeschleudert und durch die auftretende Fliehkraft gegen die nach diesem Ausführungsbeispiel zylindrische Wandung 7 der Fliehkraftkammer 2 geschleudert. Durch das Zentrifugalfeld bildet sich hier ein Wasserring 8 aus, an dessen innerer Oberfläche 9 das Meerwasser verdampft. Dieser Dampf wird über ein weiteres Tauchrohr 10, das ebenfalls mit der inneren Fliehkraftkammer 2 fest verbunden ist, nach außen in einen Abfuhrstutzen 11 und zum nicht näher dargestellten Kondensator geführt. Durch den im Kondensator herrschenden Unterdruck, dem das Fliehkraftfeld das Gleichgewicht halten muß, und durch die Wirkung einer nachge-

BAD ORIGINAL

schalteten Evakuierungspumpe ist eine Verdampfung des Rohwassers entsprechend dem jeweils herrschenden Unterdruck und der dazugehörigen Verdampfungstemperatur möglich.

Im Kammermantel 7 sind ferner Öffnungen 12 vorgesehen, durch die das mit Salzen angereicherte Restwasser in den Zwischenraum 13 zwischen der äußeren Kammer 1 und der inneren Kammer 2 abfließen und über einen Abzug 14 abgeführt werden kann. Die Öffnungen 12 in dem Kammermantel 7 sollten dabei nur so groß sein, daß sie durch entstehende Salzkristalle nicht verstopft werden.

Um das Entstehen von Wasserschichten mit unterschiedlicher Umlaufgeschwindigkeit zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Innenfläche des Kammermantels 12 mit Längsprofilen 15 versehen ist, durch die das Wasser mitgenommen wird.

Mit einer derartigen Einrichtung ist sowohl ein kontinuierlicher Betrieb als auch ein diskontinuierlicher Betrieb möglich, wobei nach Füllung der inneren Kammer 2 die Zufuhr abgesperrt werden kann, bis alles Wasser verdampft ist.

In Fig. 2 ist ein schematisches Schaltbild einer Gesamtanlage näher dargestellt. Vom Rohwasserbecken 16 wird das Wasser über eine Pumpe 17 zunächst einem Wärmetauscher 18 zugeführt, in dem das Rohwasser auf die gewünschte Temperatur vorgewärmt wird. Dabei ist es möglich, als Wärmequelle die Abdampfwärme eines Dampfkraftwerkes oder aber auch das aufgewärmte Kühlwasser des Turbinenkondensators zu verwenden. Anschließend fließt das Rohwasser in einen Vorratsbehälter 19, in dem ein konstanter Wasserstand eingestellt werden kann. Durch das Ventil 20 am unteren Auslauf dieses Vorratsbehälters 19 kann dabei die jeweilige Durchsatzmenge durch den eigentlichen Fliehkraftverdampfer geregelt werden. Das Rohwasser strömt dann über den Zuführungsstutzen und das Tauchrohr 4 nach Fig. 1 in

BAD ORIGINAL

009840/1816

-5-

di innere Fliehkraftkammer 2, in der es verdampft wird. Der abströmende Dampf wird anschließend über die Leitung 11 in einen Kondensator 21 geleitet, in dem der Dampf kondensiert und in dem der Unterdruck gegenüber der Fliehkraftkammer 2 aufrechterhalten wird. Dabei ist es auf einfache Weise möglich, als Kühlwasser für den Kondensator einen Zweigstrom des Rohwassers zu verwenden. Aus dem Kondensator wird dann über eine Leitung 22 das Süßwasser abgezogen. An den Kondensator 21 ist ferner eine Vakuumpumpe 23 angeschlossen, die die Aufgabe hat, den Siededruck in der Fliehkraftkammer zu halten, indem sie das im Wasser enthaltene Gas abzieht.

Das sich in dem Zwischenraum 13 zwischen der äußeren Kammer 1 und der inneren Kammer 2 des eigentlichen Fliehkraftverdampfers ansammelnde Restwasser wird über ein Ventil 24 und eine Druckerhöhungspumpe 25 der Abführleitung 26 für überschüssiges Rohwasser zugeführt.

In Fig. 3 ist eine senkrecht angeordnete Süßwassergewinnungseinrichtung beschrieben. Dabei enthält die äußere, feststehende Kammer 1 einen inneren, oben offenen Behälter 27, in dem das Rohwasser von unten über das Tauchrohr 4 zugeführt wird. Die Leitplatte 5 verhindert auch hier einen direkten Durchtritt des einströmenden Rohwassers in den Dampfabzugskanal 28. Der eigentliche Fliehkraftbehälter 27 ist oben offen, wobei die zylindrische Außenwandung lediglich so hoch ist, daß zwischen der Oberkante des Behälters 27 und dem Deckel 29 der äußeren Kammer 1 ein Ringspalt 30 freibleibt, über den das der Fliehkraft ausgesetzte Restwasser abströmen kann. Der Behältermantel 27 weist hierbei auch Öffnungen zum Abströmen des mit Salzen angereicherten Restwassers auf.

Der Vorteil dieser senkrechten Anordnung gegenüber einer waagerechten Anordnung der Fliehkraftkammer besteht darin, daß ledig-

BAD ORIGINAL

lich ein unteres Lager 31 vorhanden ist, das vakuumdicht ausgeführt sein muß oder einen Sperrwasseranschluß aufweist. Die obere Dampfableitungsleitung 28 endet dagegen im Deckel 29 der äußeren Kammer 1, so daß dafür keine Abdichtung erforderlich ist.

4 Patentansprüche

3 Figuren

BAD ORIGINAL

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Gewinnung von Süßwasser aus Meer- oder Brackwasser, bei der das Meer- oder Brackwasser aufgewärmt und in ein derartiges Fliehkraftfeld geführt wird, daß durch den im nachgeschalteten Kondensator entstehenden Unterdruck eine Verdampfung an der Innenoberfläche des sich ausbildenden Wasserringes erfolgt, nach Patent (Patentanmeldung P 17 92 313.6 = PLA 68/1506), gekennzeichnet durch eine äußere, feststehende Kammer (1) und eine innere, rotierend angetriebene und rotationssymmetrisch ausgebildete Kammer (2) mit einer axialen Zuführung (4) in der einen Stirnseite für das Rohwasser und einer axialen Abführung (10) in der gegenüberliegenden Stirnseite für das entstandene dampfförmige Medium sowie Auslaßöffnungen (12) im Mantel (7) der inneren Kammer (2) für das mit Rückständen angereicherte Wasser, das aus dem Zwischenraum (13) zwischen den beiden Kammern (1, 2) über eine Abzugsleitung (14) abführbar ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Zuführung des Rohwassers ein in die innere Kammer (2) ragendes Tauchrohr (4) vorgesehen ist, dessen in die Kammer (2) hineinragendes Ende mit einer kreisförmigen Leitplatte (5) von größerem Durchmesser als den des Tauchrohres (4) abgeschlossen ist und bei dem das Tauchrohr (4) seitliche Auslaßschlitze (6) im Bereich der Innenkammer (2) zum Auslaß des Rohwassers aufweist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei senkrechter Anordnung der Einrichtung die innere Kammer (27) als oben offener Behälter mit einer derartigen Länge ausgebildet ist, daß sich zwischen Oberkante des Behälters (27) und Deckel (29) der äußeren Kammer (1) ein Spalt (30) zum Ausschleudern des Rohwassers in die äußere Kammer (1) ergibt.

BAD ORIGINAL

009840/1816

-8-

4. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwandung (7) des inneren Kammermantels (2) mit in Achsrichtung verlaufenden Profilen (15) versehen ist.

BAD ORIGINAL

009840/1816

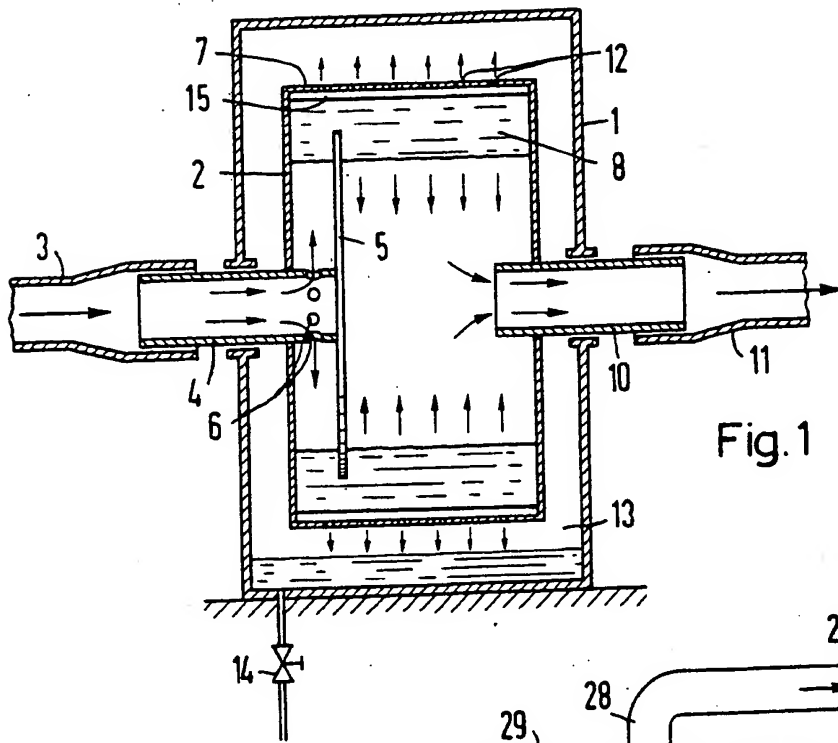


Fig. 1

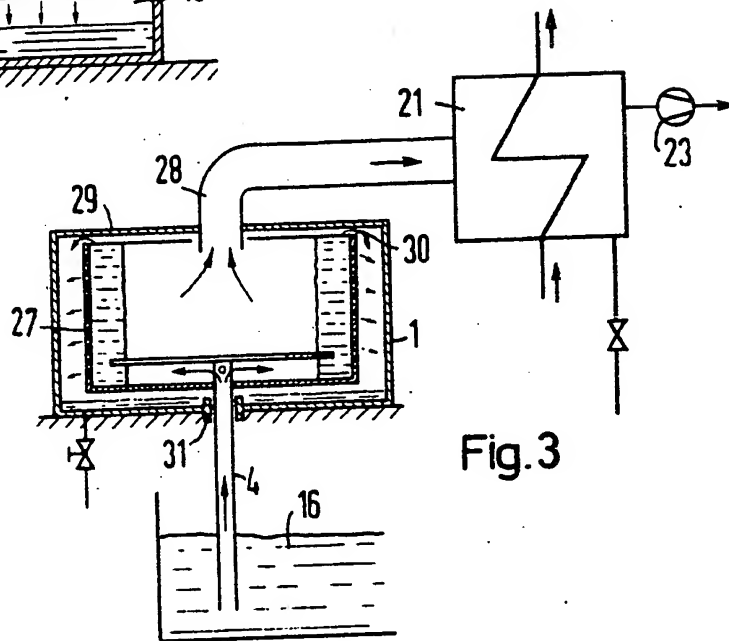


Fig. 3

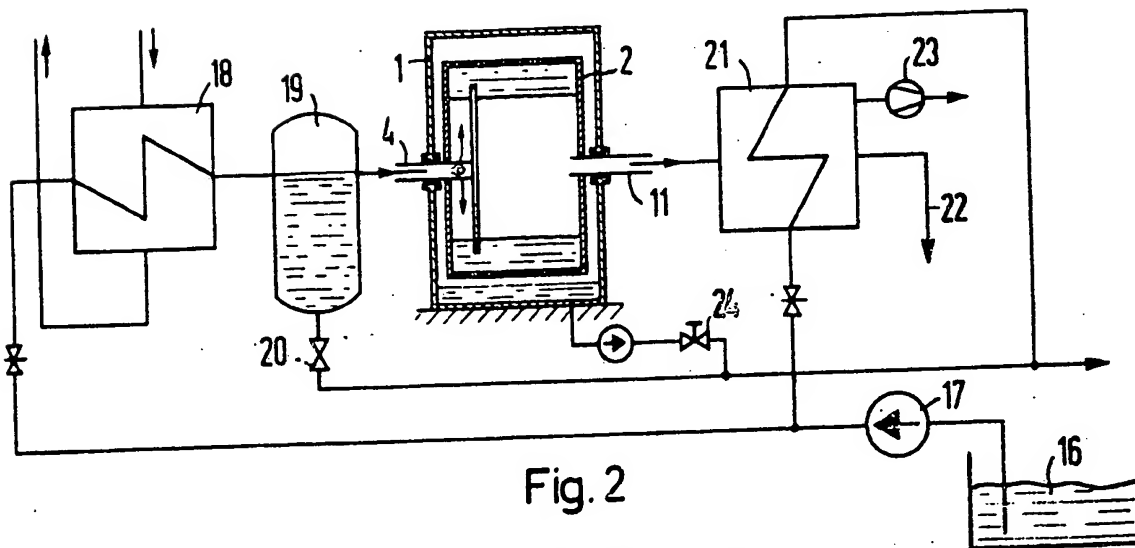


Fig. 2

009840/1816



integrating power generation with desalination

and distributed over horizontal tubes carrying the steam. It vaporizes as it absorbs the latent heat given up by condensing steam. After passing through a brine-droplet separator, vapor moves into the next effect, which operates at a slightly lower temperature and pressure.

The process repeats in downstream effects; distillate from each contributes to the total, which is pumped to storage together with vapor from the last effect that is condensed in the heat-rejection section. Heat given off in successive flash cooling of vapor increases the overall process efficiency.

Vapor-compression distillation takes two forms, mechanical (MVC) and thermal (TVC), driven respectively by steam or electricity. MVC combined with falling-film evaporation is particularly cost-effective when low-cost electricity is available, allowing lower temperature differentials than other systems and correspondingly lower pressure heads. In this technique, steam generated in the evaporator is removed and compressed to exceed the boiling-point elevation of seawater. Returned to the evaporator coil at the higher temperature, it gives up sufficient heat to evaporate additional seawater sprayed over the tube bundle.

Capacities of single-effect MVC units are generally no greater than 1 mgd. Larger units contain two or three effects. In these, the compressor takes vapor from the last one, compresses it, and delivers it the first (hottest), where it condenses. The resulting vapor flows into the tubes of the second effect, condenses, delivering its latent heat to the brine. The process is repeated in a three-effect system.

Membrane desalination systems operate at ambient temperature (minimizing energy requirements) and involve either electrodialysis or reverse osmosis. Electrodialysis (ED) finds its greatest application to brackish water (less than 30,000 ppm dissolved solids), while reverse osmosis (RO) is preferred for highly brackish or seawater (30,000 ppm and higher) because of lower energy requirements.

RO systems apply hydrostatic pressure across semipermeable membranes to overcome the osmotic pressure of saline water, driving pure water molecules through the membrane and leaving the feed side more concentrated in salt. RO elements are connected in series to produce the desired water purity and recovery rate. Major advantages are the ability to remove colloids (silica, organics) and crossflow movement of feedwater along membrane surfaces, which sweeps out separated solids to minimize fouling.

Depending on the membrane configuration used, feedwater salinity, and required recovery rate, applied pressures generally

range from about 200 to 900 psig—sometimes higher. The predominant membrane configurations are spiral-wound sheets (for maximum surface area)—as in the 1-mgd installation in Santa Barbara, Calif.—and fine hollow-fiber (HFF) bundles, a form finding increasing acceptance. HFF modules comprise millions of fibers the thickness of a human hair, oriented in parallel, and fixed in epoxy at both ends for mechanical stability.

As in other Persian Gulf installations treating high-salinity water, power costs dictated selection of RO over ED at Saudi Arabia's Jeddah I. Availability of HFF

modules capable of withstanding the 1150-psig driving force needed to handle the 43,000-ppm salinity led to the choice of this configuration.

Operation of ED, the older of the two, differs from that of RO and thermal processes in that it moves dissolved (ionized) minerals away from water, rather than vice versa. Driven by an electric field, it makes use of selectively permeable membranes that permit passage of either positive ions (Na⁺) or negative ions (Cl⁻), depending on the applied polarity. Result is a concentrated brine stream and a desalinated product stream.

Virgin Islands experience

Power/desal plant evolves to meet changing needs

Folk 17/04

CO2F1/16

p. 10+12

By T E Atkins, R W Beck & Associates, and
G Rothgeb, Virgin Islands Water & Power Authority

Experience at Virgin Islands Water & Power Authority (Viwapa) illustrates how power production and desalination are integrated both in design and daily operation. The basic technology has changed significantly over time.

At Viwapa, oil-fired boilers were originally installed with extraction/condensing steam turbines to supply both power and the steam needed to drive the MSF and falling-film, vertical-tube evaporators (VTEs) designed to produce 9 mgd desalted water. Operating the system, however, was not simple. While electric loads decreased at night, full water requirements continued. Maintaining extraction-steam demand during these periods proved difficult. Minimum exhaust-flow requirements for cooling the turbine l-p section limited the generator turndown, so there was need for peaking units capable of night-time shutdown and rapid morning startup. Gas turbine/generators were added for this purpose.

The original MSF and VTE plants evaporated seawater at temperatures above 230 F, so evaporator-tube scaling was a constant concern. Despite appropriate water pretreatment, acid cleaning was necessary at least once a year. In addition, the plants had more than 20 feed pumps in series, and failure of any one interrupted production. Corrosion of the carbon-steel waterboxes and stress cracking of pump casings were a big factor preventing achievement of the guaranteed output. Specific steam con-

sumption quickly deteriorated from 8.0 lb product/pound steam to 3.5 (the performance ratio, PR).

The MSF and VTE plants were replaced with MED units early in the 1980s. These achieved a PR of 10, saving Viwapa almost \$4-million/yr. Furthermore, operation at temperatures below 170F greatly reduced scaling, and acid cleaning was not required for the first seven years of full operation. Most important, availability of the plants has been over 90% since 1981.

The MED design features only five feed pumps, and failure of any one only reduces the unit output rather than interrupting the entire plant. Diligent maintenance provided through the equipment manufacturer and better instrumentation and control have also been factors in the improved operation.

Combined-cycle integrati n

As electric load grew, Viwapa added more peaking gas turbine/generators. In the late 1980s, one of these peaking units failed on St. Croix. While securing replacement capacity for the failed unit, Viwapa analyzed the possible fuel saving from heat recovery. Operating realities of the VI's isolated electric systems included the following:

1. Conventional oil-fired boilers could not be cycled on and off on a daily basis.
2. Gas turbines exhausting through heat-recovery steam generators (HRSG) could not be cycled on and off on a daily basis or

Integrating power generation with desalination

operate below 40% of full load, and maintain minimum superheat.

3. Overall system reliability could not be compromised, since electricity and water production depends on only one plant.

Viwapa ran simplified economic dispatch models of the St. Croix electric system to determine whether or not a hybrid combined-cycle operation could be efficiently integrated. These models showed significant potential saving from combined-cycle power generation and desalination, if reliable operation could be attained.

Although Viwapa had previously evaluated use of gas-turbine exhaust heat for steam generation as a means to improve net plant heat rates, the steam turbines' minimum load requirements had always precluded round-the-clock operation of a gas turbine. Now, however, rapid load growth had created minimum system loads approaching a point where combined-cycle operation might be possible.

System design

Viwapa moved forward with a replacement gas turbine as well as a heat-recovery steam generator. The HRSG was of a two-pressure-level design with high-pressure (h-p) steam matching the existing steam-turbine throttle conditions and low-pressure (l-p) steam matching the desalination process requirements of the desalination plants.

Exhaust heat from either gas turbine—but not both simultaneously—can be recovered to produce high- and low-pressure steam for power and process

The HRSG was designed to recover exhaust heat from only one gas turbine. However, by installing the HRSG between the new gas turbine and an identical existing unit, additional flexibility was added. Ductwork connected both gas turbines to the HRSG such that exhaust heat could be recovered from either, but not both at once. This arrangement was selected because in normal operation only one gas turbine could operate within the economic-dispatch guidelines of the system. The second unit normally serves as reserve capacity only.

Integrated operation was achieved as shown in the diagram. During daytime load conditions, the gas turbine operates at

relatively high output, maximizing steam production from the HRSG. H-p steam from the HRSG is routed to the existing steam turbines, supplementing steam produced in the conventional boilers. Since the net electric output of the entire plant does not change, the supplemental steam delivered by the HRSG allows a reduction in the firing rate of the conventional boilers. L-p steam from the HRSG is routed directly to the MED plants, displacing steam-turbine extraction steam, again reducing the required firing rate of the conventional boilers.

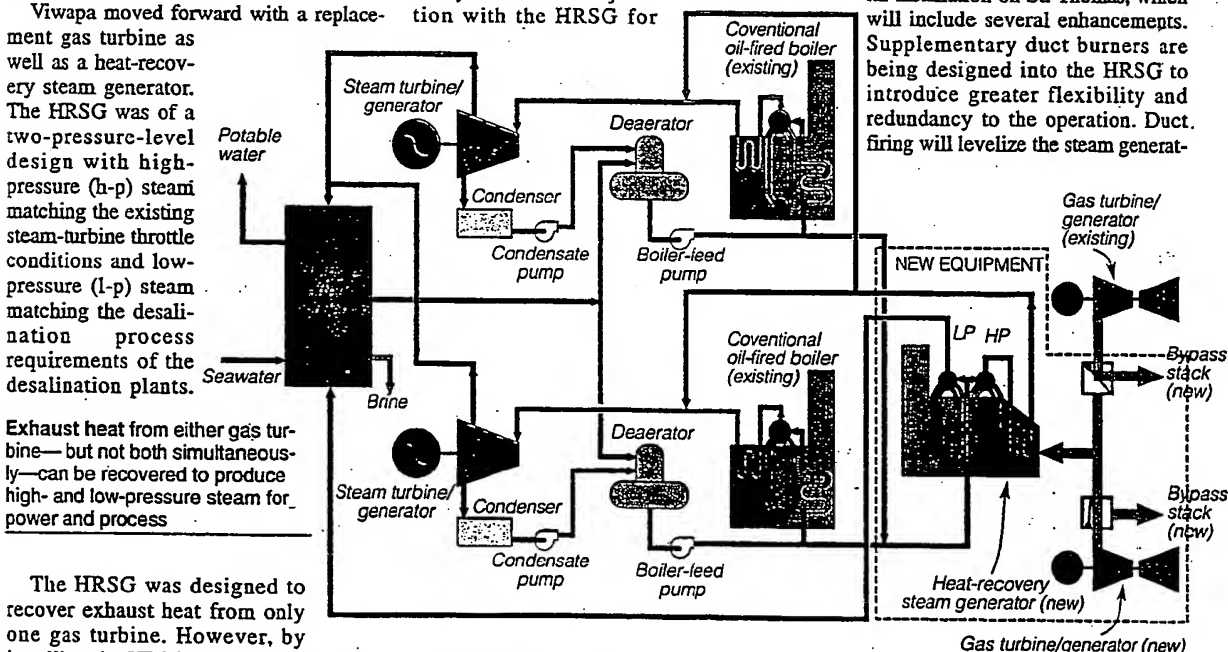
At minimum system load, during early morning hours, Viwapa reduces steam-turbine outputs to the minimum levels, supporting desalination requirements. The gas turbine reduces load to meet system demand. Variable-inlet guide vanes make operation possible at only 40% of base load by maximizing gas-turbine exhaust temperature. At reduced gas-turbine load, HRSG h-p steam flow is reduced, but l-p steam flow may actually increase. In this mode, the oil-fired boilers, which are always on line in conjunction with the HRSG for

load, the increased efficiency from heat recovery offsets this fuel penalty. Annual saving from the new system now approaches original expectations.

Operating experience

Heat-recovery integration was not immediately successful. Hands-on experience gained following startup of the new system served as a basis for system evolution. Although modifications to the facility are difficult to accomplish because St. Croix still lacks adequate reserve capacity, changes to increase reliability and ease of operation are planned. The original design saved capital cost by sharing balance-of-plant systems between new and existing equipment. Now, redundant deaerators, boiler feedwater pumps, and blowdown systems are being evaluated for the new HRSG. Also, motor operators have been added to critical isolation valves to facilitate rapid line-up changes as conditions warrant.

Success of the St. Croix combined-cycle system has Viwapa proceeding with a similar installation on St. Thomas, which will include several enhancements. Supplementary duct burners are being designed into the HRSG to introduce greater flexibility and redundancy to the operation. Duct firing will levelize the steam generat-



greater reliability, provide a higher percentage of the required steam.

Recent control-system and burner upgrades to the oil-fired boilers allow them to be operated at lower firing rates, enabling some fuel saving to continue even at minimum system load. Increases in HRSG l-p steam flow also allow the steam turbines to operate with lower output than before, further stabilizing the system. Overall net plant heat rates are significantly improved by the combined-cycle integration. Even though the efficiency of the gas turbine decreases dramatically at 40%

ed in the HRSG when the combustion-turbine load must be reduced to meet island electric demand.

Also, the ductwork between the gas turbines and HRSG will include guillotine isolation dampers, as well as the pneumatic diverters installed on the St. Croix units. This will help ensure that the gas turbines can operate in simple-cycle mode while completing maintenance on the HRSG, and that operation of the HRSG will still be possible while conducting maintenance on one of the gas turbines. ■